



Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas- FATECS

Curso de Engenharia de Computação

PROJETO FINAL

SISTEMA AUTOMATIZADO DE IRRIGACÃO PARA CULTURAS ESPECÍFICAS

Autor: Marco Antonio Caixeta Altoé

Orientadora: Prof^ª. Maria Marony Sousa Farias

BRASÍLIA - DF

JUNHO/2012

MARCO ANTONIO CAIXETA ALTOÉ

Trabalho apresentado ao Centro
Universitário de Brasília (UniCEUB)
como pré-requisito para a obtenção
de Certificado de Conclusão de Curso
de Engenharia de Computação.

SISTEMA AUTOMATIZADO DE IRRIGACÃO PARA CULTURAS ESPECÍFICAS

Este Trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Título de Engenheiro de Computação, e aprovado em sua forma final pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas - FATECS.

Prof. Abiezer Amarilia Fernandes
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Profa. Maria Marony Sousa Farias,
mestre em Engenharia Elétrica – UFPB.
Orientadora

Prof. José Julimá Bezerra Junior,
MSc Instituto Militar de Engenharia.
Avaliador

Prof. Sidney Cerqueira Bispo dos Santos,
Doutor em telecomunicações.
Avaliador

Prof. Carlos Kleber da Silva Rodrigues,
Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação
Avaliador

DEDICATÓRIA

Dedico esse importante passo na minha caminhada aos meus pais, que através de muito trabalho e determinação, sempre me deram o suporte e a segurança necessários para obtenção das vitórias ao longo da vida, à minha esposa Luana e ao meu filho Rodolfo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu forças e iluminou meu longo caminho até a conclusão dessa importante etapa.

A minha família, pais e irmãs, que fazem parte de tudo na minha vida.

Agradeço também a todos os professores do curso de Engenharia de Computação.

A Luana, minha esposa, incentivadora e companheira em todos os momentos.

Ao meu filho Rodolfo, presente de Deus e nova razão de empenho em minha vida.

RESUMO

Neste projeto é desenvolvido um sistema de controle de irrigação automatizado que agrega várias tecnologias, de forma a tornar a vida do pequeno agricultor mais simples e contribuir para o uso racional da água e aumento da produção. No projeto foi utilizado um sensor de umidade de solo que detecta se o solo está seco ou molhado de acordo com a cultura escolhida, acionando o sistema de irrigação apenas quando houver necessidade de água. Para desenvolvimento do projeto utilizou-se um microcontrolador PIC16F877A, que recebe a informação vinda do sensor de umidade do solo e ativa uma válvula de solenóide, acionada por um relé, ligando ou desligando o sistema de irrigação. A linguagem de programação utilizada foi a C.

Palavras Chave: PIC16F877A, válvula de solenóide, sensor de umidade de solo.

ABSTRACT

In this project it is developed an automated irrigation control system that aggregates several technologies in order to make small farmer's life simpler, contribute to rational use of the water and also increase production. On the project was used a soil moisture sensor that detects if the soil is wet or dry according to the chosen culture, triggering the irrigation system only when there is need for water. To the project development it was used a microcontroller called PIC16F877A which receives information from the moisture soil sensor and activates a solenoid valve, thrown by a relay, turning on or off the irrigation system. The programming language used was C.

Key words: PIC16F877A, solenoid valve, moisture soil sensor.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	X
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	11
1.1 Introdução ao tema proposto	11
1.2 Motivação	11
1.3 Objetivos do trabalho	12
1.4 Metodologias	13
1.5 Estrutura da monografia	13
CAPÍTULO 2 – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	15
2.1 Importância da água.....	15
2.2 Produção de alimentos.....	15
2.3 Benefícios do sistema proposto e limitações	16
CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 Microcontroladores.....	18
3.2 Microcontroladores da família PIC	18
3.3 Irrigação para produção de alimentos.....	19
3.4 Métodos de irrigação	20
3.5 Fatores importantes na escolha do sistema de irrigação.....	24
3.6 Sensores de umidade	25
3.7 Visão geral do projeto.....	27
CAPÍTULO 4 – DESCRIÇÃO DE HARDWARE E SOFTWARE.....	28
4.1 Hardware	28
4.1.1 Kit De Desenvolvimento Multipic 4 Da Uptex Tecnologia.....	28
4.1.2 Microcontrolador PIC16F877A.....	31
4.2 Válvula de solenóide	33
4.3 O Relé de acionamento da válvula de solenóide	35
4.4 O Sensor de umidade do solo	37
CAPÍTULO 5 – IMPLEMENTAÇÃO	38
5.1 Modelagem do sistema	38
5.2 Fluxograma.....	38
5.3 Elaboração dos circuitos.....	39
5.4 Simulação	39
5.5 Sensor	40
5.6 Desenvolvimento do software	41
5.7 Montagem da placa de acionamento da válvula de solenóide.....	42

CAPÍTULO 6 – TESTES E RESULTADOS OBTIDOS.....	44
6.1 Calibração do sensor de umidade do solo	44
6.2 Gravação do software no microcontrolador	44
6.3 Resultados obtidos.....	45
CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
7.1 Conclusões.....	48
7.2 Sugestões para trabalhos futuros	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
APÊNDICE	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Visão Geral do Projeto	13
Figura 3.1 – Gráfico sobre crescimento da superfície irrigada ao longo dos anos.....	19
Figura 3.2 – Sistema de irrigação	21
Figura 3.3 – Sistema de irrigação por sulcos.....	21
Figura 3.4 – Sistema de irrigação por gotejamento	22
Figura 3.5 – Sistema de irrigação por aspersão: pivô central.....	24
Figura 4.1 – Kit de desenvolvimento Multipic 4.....	28
Figura 4.2 – Diagrama em blocos das conexões aos periféricos	30
Figura 4.3 – PIC16F877A	31
Figura 4.4 – Pinos microcontrolador PIC16F877A.....	33
Figura 4.5 – Válvula de solenóide	34
Figura 4.6 – Válvula de solenóide de máquinas de lavar	35
Figura 4.7 – Relé de 12 V	36
Figura 4.8 – Estrutura básica de um relé	36
Figura 4.9 – Sensor de umidade do solo.....	37
Figura 5.1– Fluxograma de execução do sistema de irrigação.....	39
Figura 5.2 – Simulação do sistema de irrigação	40
Figura 5.3 – Circuito de acionamento do sensor	41
Figura 5.4 – Circuito de acionamento da válvula de solenóide.....	42
Figura 5.5 – Regulador de tensão 7812	42
Figura 5.6 – Placa desenhada no Proteus Ares.....	43
Figura 5.7 – Placa de acionamento da válvula de solenóide	43
Figura 6.1 – Gravador Usb Pic Pickit2 Mplab	44
Figura 6.2 – Projeto montado	45
Figura 6.3 – Display: tela de inicialização	46
Figura 6.4 – Display: durante irrigação	46
Figura 6.5 – Display: desligando válvula	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de ativação dos periféricos.....	29
--	----

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 Introdução ao tema proposto

Desde sempre o homem precisa retirar da Natureza os recursos indispensáveis à sua sobrevivência.

Os avanços da ciência e da tecnologia permitiram ao homem ter uma melhor qualidade de vida. Mas, por outro lado, com a intervenção humana, estamos assistindo a profundas alterações do equilíbrio natural dos ecossistemas. Com isso, é necessário fazer uma gestão sustentável dos recursos naturais. Para alcançar esse objetivo, é preciso defender aquilo que ainda existe para garantir o direito a uma vida saudável e produtiva em harmonia com o meio ambiente, alcançado o desenvolvimento sustentável.

Dentre as muitas necessidades urgentes de transformação, encontram-se aquelas relacionadas ao uso, gestão e consumo de recursos naturais. Todavia, a preocupação dos seres humanos com os recursos naturais e sua eventual escassez não é recente, mas a atual situação e a crise mundial, comumente chamada de crise do desenvolvimento, despertaram ainda mais a atenção do mundo para a necessidade de gerir melhor os recursos e buscar aumento da produção de uma forma ampla.

Uma definição simples e muito aceita para desenvolvimento sustentável, surgida na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas para discutir e propor meios de harmonizar dois objetivos: o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental, define desenvolvimento sustentável como o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.

1.2 Motivação

Não é exagero dizer que a água é o bem mais valioso da Terra. Trata-se de um recurso extremamente importante e merecedor de atenção especial. Logo, encontrar soluções que racionalizem o uso da água, ou que pelo menos amenizem o uso descontrolado desta, garantirá essa e as próximas gerações.

A agricultura, além do papel fundamental de produzir alimento para a crescente população do planeta, é peça chave na engrenagem da economia mundial. Com a busca por melhores resultados, os longos períodos de estiagem e as características de cada cultura, têm feito com que o uso de métodos de irrigação sejam cada vez mais difundidos nos meios rurais,

necessitando assim de uma atenção especial nesse setor de desenvolvimento, pois grande quantidade de água pode ser desperdiçada se não houver um controle mais adequado na gestão desse recursos.

Com essa realidade conflituosa e os desafios como pano de fundo, tornam-se necessários meios de produção que explorem de forma sustentável os recursos naturais e que ajudem o mundo a sair da crise, impulsionando a economia. O sistema proposto se encaixa nesse contexto ao buscar uma maneira de auxiliar o produtor rural a aumentar a produção irrigada de alimentos, usando água de forma racional e com baixo custo operacional.

A figura 1.1 ilustra uma visão geral do funcionamento do sistema proposto.

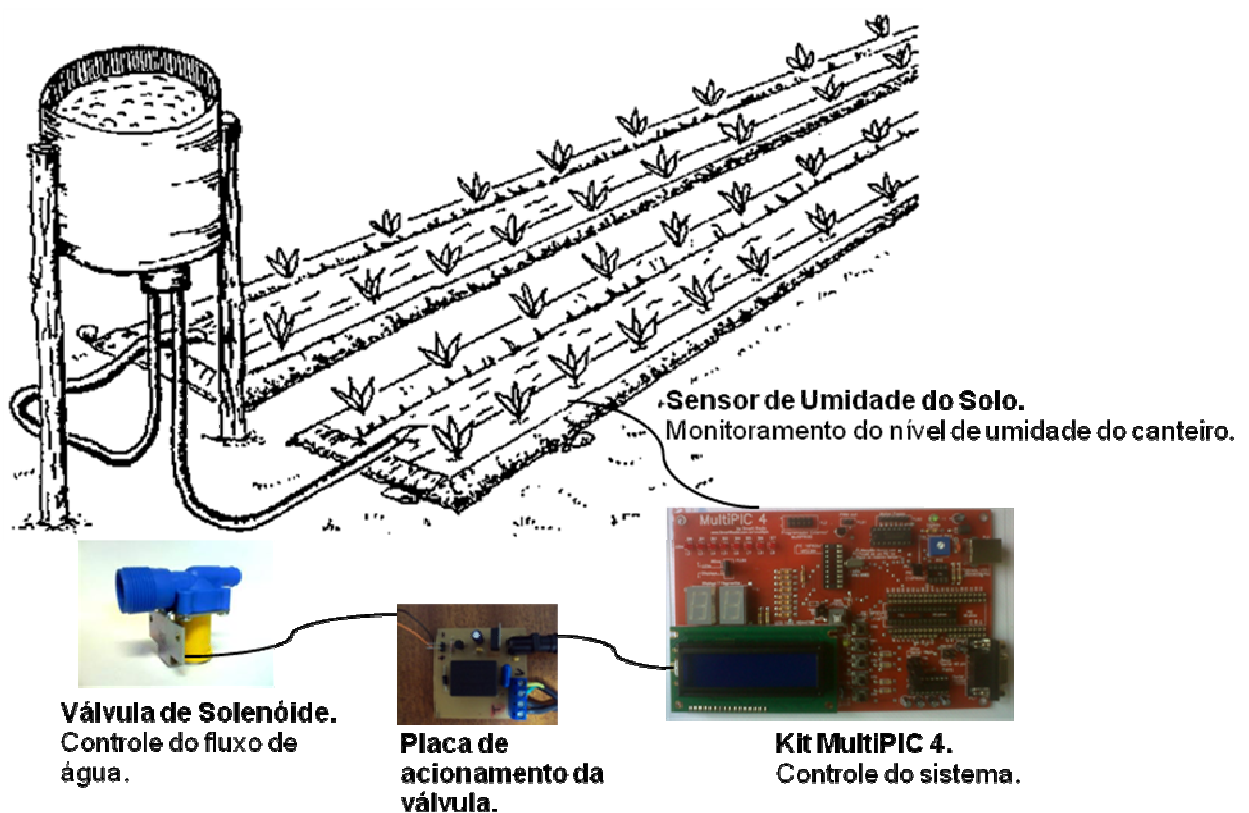


Figura 1.1 – Visão geral do projeto (AUTOR)

1.3 Objetivos do trabalho

Este projeto tem como objetivo precípua construir um sistema de controle de irrigação automatizado que consiga controlar a umidade do solo para culturas diferentes, buscando o uso racional da água e o aumento da produção.

São objetivos específicos deste projeto:

- Obter uma medida da umidade do solo significativa capaz de garantir um controle pelo sistema através do sensor de umidade do solo;

- Garantir o uso racional da água, evitando o desperdício, pois o sistema controla o momento da irrigação por meio do sensor de umidade do solo e de acordo com a necessidade de cada uma das três culturas que demandam umidade menor, intermediária ou maior;
- Construir, por meio da tecnologia da informação, um protótipo de modelo sustentável capaz de ler as informações obtidas do sensor e enviar para o microcontrolador, que deverá acionar uma válvula de solenóide, caso o solo necessite de água, de acordo com a cultura previamente definida e os limites pré estabelecidos no programa por meios de testes.

1.4 Metodologias

Para a elaboração deste projeto, foram realizadas pesquisas bibliográficas em livros e sites conceituados da internet, bem como a realização de diversos testes para a análise dos componentes eletrônicos a serem utilizados no sistema, tanto físico quanto lógico, além da ajuda dos professores e monitores.

1.5 Estrutura da monografia

Esta monografia é dividida em seis capítulos, incluindo a INTRODUÇÃO, que trata do tema proposto, a motivação do projeto, os principais objetivos, metodologias de elaboração e pesquisa. Além dessa seção que descreve toda a estrutura da monografia.

No segundo capítulo, APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA, são abordados com maior riqueza de detalhes as questões motivacionais do trabalho e hipóteses para soluções. A última seção deste capítulo aborda de forma resumida os benefícios do dispositivo proposto e suas restrições.

No terceiro capítulo, REFERENCIAL TEÓRICO, são tratados assuntos importantes para o desenvolvimento do projeto como microcontroladores, irrigação e sensores de umidade, além de uma visão geral do projeto.

O quarto capítulo, DESCRIÇÃO DO HARDWARE E SOFTWARE, aborda as especificações dos dispositivos utilizados como o Kit MultiPIC4 e o microcontrolador PIC utilizado, detalhamento do sensor de umidade, válvula de solenóide e do relé, dentre outros dispositivos e softwares.

No quinto capítulo, IMPLEMENTAÇÃO, são apresentadas as etapas necessárias para compreensão geral da implementação do projeto, como modelagem, elaboração dos circuitos, escrita do código do programa e desenvolvimento da placa de acionamento da válvula.

O sexto capítulo, TESTES E RESULTADOS OBTIDOS, traz as simulações que objetivaram testar todas as funcionalidades propostas pelo dispositivo, simulando um ambiente real, bem como, as dificuldades encontradas.

No sétimo capítulo, CONSIDERAÇÕES FINAIS, são apresentadas as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Este capítulo tem como finalidade abordar com mais detalhes as questões motivacionais do trabalho como: importância da água e produção de alimentos no mundo, tratados de forma resumida no capítulo anterior. São apresentados também os benefícios e as limitações do trabalho.

2.1 Importância da água

Estudiosos prevêem que em breve a água será causa principal de conflitos entre nações. Há sinais dessa tensão em áreas do planeta como Oriente Médio e África. Mas também os brasileiros, que sempre se consideraram dotados de fontes inesgotáveis, vêem algumas de suas cidades sofrerem falta de água. A distribuição desigual é causa maior de problemas. Entre os países, o Brasil é privilegiado com 12% da água doce superficial no mundo.

Outro foco de dificuldades é a distância entre fontes e centros consumidores. É o caso da Califórnia (EUA), que depende para abastecimento até de neve derretida no distante Colorado. E também é o caso da cidade de São Paulo, que, embora nascida na confluência de vários rios, viu a poluição tornar imprestáveis para consumo as fontes próximas e tem de captar água de bacias distantes, alterando cursos de rios e a distribuição natural da água na região. Na última década, a quantidade de água distribuída aos brasileiros cresceu 30%, mas quase dobrou a proporção de água sem tratamento (de 3,9% para 7,2%) e o desperdício ainda assusta: 45% de toda a água ofertada pelos sistemas públicos.

(<http://www.socioambiental.org/esp/agua/pgn/>)

A água é essencial à vida, mas como evidenciado no trecho acima, a água está se tornando motivo de tensão entre países e pode, em breve, ser motivo de conflitos entre nações. Tudo isso porque além da demanda crescente, por aumento natural da população mundial e a necessidade de alimentos, o desperdício é responsável por quase a metade da água disponível.

O Brasil é um país privilegiado pela grande quantidade de água doce em seu território, mas precisa usar melhor esse potencial, tanto em meio urbano quanto na produção de alimentos, onde o projeto apresenta importante sugestão de solução para uso racional da água.

2.2 Produção de alimentos

A demanda por alimentos no mundo não para de crescer e é motivo de alerta atualmente por uma série de motivos, como o natural crescimento da população mundial, o aumento da classe média de países com alto contingente populacional, como a China e a Índia, o uso de alimentos como milho e soja para produção de biocombustíveis, entre outros.

Isso resulta em aumento do preço dos alimentos no mundo, alguns países têm tomado medidas para proteger seus mercados internos a fim de evitar racionamento de alimentos.

Nessa realidade, as tecnologias de produção têm papel fundamental para equilíbrio mundial, possibilitando o acesso à comida de forma sustentável, por isso a irrigação sem desperdício de água, como proposto no projeto, está diretamente ligada a essa necessidade da humanidade, de alimentar-se sem esgotar o planeta, o que também inviabilizaria a vida.

2.3 Benefícios do sistema proposto e limitações

Com o avanço tecnológico, é praticamente impossível achar um setor na sociedade que não use os recursos da tecnologia para o seu benefício. Na agricultura não é diferente, os métodos de produção, cada vez mais automatizados, têm facilitado a vida daqueles que usam a agricultura como meio de sobrevivência, resolvendo os problemas causados por falhas humanas, tais como: controle da água mais eficiente, uso da energia de forma mais eficaz, dentre outros.

O foco deste trabalho é auxiliar o produtor na atividade de irrigar o solo quando necessário, fazendo isso de forma automatizada e com precisão, não deixando o solo com carência nem excesso de água, sendo economicamente viável, socialmente responsável e ambientalmente sustentável.

O projeto não dá ênfase ao controle de vazão da água, pois utiliza uma válvula de solenóide ligada a um reservatório de água para controlar a vazão. Portanto, o uso racional da água se dá pela utilização do sensor de umidade e as constantes medições, que garantem que o solo está recebendo a quantidade de água correta para cada cultura.

É importante ressaltar que para cada tipo de cultura é necessário um estudo minucioso, pois além de o nível de umidade ser diferente para cada uma, também pode variar dependendo do tipo de solo e outros fatores relevantes. Entretanto, o projeto não aborda esses temas, uma vez que este é de cunho acadêmico de um curso de engenharia da computação e foca o funcionamento entre o sensor e microcontrolador usando para isso um mesmo tipo de solo e condições ideais para a simulação do sistema. Os valores de umidade para os três níveis pré estabelecidos, um nível intermediário, um mais seco e outro mais molhado, foram estabelecidos por tentativas e observação nos experimentos durante o desenvolvimento do projeto.

O sistema de irrigação proposto não trata das questões ambientais, nem dos fatores importantes na escolha de um método de irrigação, tais como, topografia, solo, clima, quantidade e qualidade da água e tipos de plantação que foram abordados acima neste

trabalho. Trata-se de um modelo acadêmico, com foco na parte da tecnologia, que mostra a interação desta com a agricultura. Para o desenvolvimento do projeto, não foi escolhido nenhum método de irrigação, mas o sistema poderia empregar qualquer método, uma vez que o ponto forte do trabalho está no monitoramento do solo e na interação entre o sensor e o microcontrolador, que decide quando acionar a válvula de solenóide de acordo com as características da cultura em cultivo.

CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO

A finalidade deste capítulo é facilitar o entendimento e desenvolvimento do projeto, estudando conceitos teóricos e dando embasamento pertinentes ao andamento do trabalho. Embora alguns dos conceitos citados demandem um detalhamento mais extenso do tema para sua total compreensão, visando manter o foco principal, apenas as características mais relevantes ao projeto serão apresentadas.

A compreensão dos tópicos abordados nesse capítulo é fundamental para o entendimento da visão da forma geral do sistema proposto, que será apresentado ainda nesse capítulo.

3.1 Microcontroladores

O microcontrolador é um dispositivo semicondutor em forma de circuito integrado, que integra as partes básicas de um microcomputador - microprocessador, memórias não-voláteis e voláteis e portas de entrada e saída. Geralmente, é limitado em termos de quantidade de memória, principalmente no que diz respeito à memória de dados, é utilizado em aplicações específicas, ou seja, naquelas que não necessitam armazenar grandes quantidades de dados, como automação residencial, automação predial, automação industrial e automação embarcada. (GIMENEZ, 2005, p. 4).

São vários os fornecedores de microcontroladores. Os principais, em termos de volume de vendas no Brasil, são: (PAIOTTI, 2009).

- Microchip Technology Inc. (<http://www.microchip.com>);
- Intel Corporation (<http://www.intel.com>);
- Atmel Corporation (<http://www.atmel.com>); e
- Texas Instruments (<http://www.ti.com>);

3.2 Microcontroladores da família PIC

O PIC é um circuito integrado produzido pela Microchip Technology Inc., que pertence à categoria dos microcontroladores, ou seja, um componente integrado que em um único dispositivo contém todos os circuitos necessários para realizar um completo sistema programável.

A grande vantagem da família PIC é que todos os modelos possuem um *set* de instruções bem parecido, assim como também mantêm muitas semelhanças entre suas características básicas. A utilização de um modelo torna a migração para outros modelos muito mais simples. (SOUZA, 2005)

A denominação família PIC é devido aos diversos microcontroladores fornecidos, que vão desde microcontroladores de 8-bits, passando por 16-bits, até os de 32-bits.

O microcontrolador da família PIC utilizado no projeto é o modelo 16F877A, devido à quantidade de portas de entrada e saída existentes, podendo assim atender as demandas do sistema.

Detalhes referentes às principais características técnicas do microcontrolador PIC16F877A, serão abordadas na seção — Microcontrolador PIC16F877A — do próximo capítulo.

3.3 Irrigação para produção de alimentos

De acordo com estudos realizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura – IICA, o crescimento populacional tem feito com que a humanidade use uma maior quantidade de solo agriculturável, o que vem impulsionando o uso da irrigação, não só para complementar as necessidades hídricas das regiões úmidas, como para tornar produtivas as áreas áridas e semi-áridas do globo, que constituem cerca de 55% de sua área continental total. Atualmente mais de 50% da população mundial depende de produtos irrigados. O gráfico 3.1 mostra o crescimento da superfície irrigada ao longo dos anos.[1]

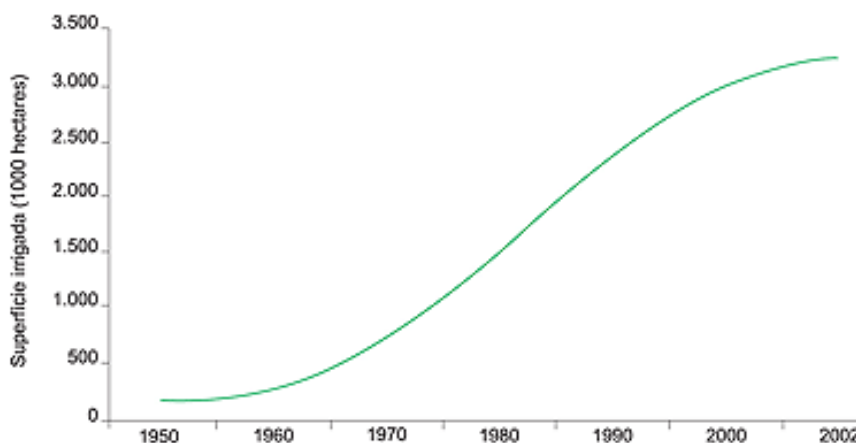


Figura 3.1 – Gráfico sobre crescimento da superfície irrigada ao longo dos anos

Fonte: http://www.institutodopvc.org/hs_construcao/impresao/o_pvc_na_industria_da_construcao.html

Segundo dados do censo agropecuário de 2006, o Brasil apresentava uma área de 4,45 milhões de hectares irrigados. Observou-se que em relação ao censo agropecuário anterior de 1995/96, a área irrigada aumentou 1,3 milhões de hectares, ou seja, um aumento de 42%. A região Sudeste ultrapassou a região Sul, que no censo 1995/96 possuía a maior área irrigada, a região Nordeste ocupa o terceiro lugar neste ranking com 22,12%, já as regiões Centro-oeste e

Norte somam juntas apenas 14,7 %. Estima-se que a área irrigada no mundo ocupe cerca de 17% de toda a terra agricultável e responda pela produção de mais de 40% de todo o alimento consumido. A área irrigada mundialmente equivale a quase 2,5 vezes a produção de alimentos das áreas de sequeiro. No Brasil, cada hectare irrigado equivale a três hectares de sequeiro em produtividade física e a sete em produtividade econômica. Esses dados dão uma idéia da importância da prática da irrigação no contexto alimentar. [2]

Diante da demanda crescente por alimentos, fruto do aumento natural da população mundial e o conseqüente aumento da área irrigada de produção, torna-se cada vez mais importante a criação de sistemas de irrigação capazes de minimizar o consumo de água e facilitar a vida dos produtores. Dentro dessa realidade, o método de irrigação adotado é importante ferramenta para obtenção de eficiência no processo de irrigação.

Os pequenos produtores, hoje responsáveis por uma fatia significativa da produção de alimentos no Brasil, muitas vezes, por não adotar um método de controle de irrigação, irriga em excesso temendo que a produção sofra por falta de água, deixando de fazer um manejo racional, que é exatamente o uso da água no tempo e na quantidade correta. Esse tipo de acontecimento faz com que se gaste mais água e energia do que seriam necessários.

Para que se possa compreender os problemas dos sistemas de irrigação atuais, é necessário entender alguns pontos relevantes em relação à irrigação.

3.4 Métodos de irrigação

Denomina-se irrigação o conjunto de técnicas destinadas a deslocar a água no tempo ou no espaço para modificar as possibilidades agrícolas de cada região. A irrigação visa corrigir a distribuição natural das chuvas. A figura 3.2 ilustra um sistema de irrigação em uma lavoura.[1]



Figura 3.2 – Sistema de irrigação

Fonte: <http://www.aquavitae.com>

Existem basicamente quatro métodos de irrigação: superfície, localizada, aspersão, subirrigação, dos quais cada método pode ter dois ou mais tipos de sistemas de irrigação.[4]

No método de irrigação por superfície, a distribuição se dá por gravidade através da superfície do solo. Para isto, é exigida uma condição superficial adequada do solo, de modo a proporcionar um escoamento contínuo sem causar erosão. Um exemplo de irrigação por superfície é um sistema de irrigação por sulcos. [6]



Figura 3.3 – Sistema de irrigação por sulcos

Fonte: sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br

O projeto de um sistema de irrigação por sulcos é feito com base numa série de dados obtidos no local a ser irrigado, e um projeto mal conduzido, pode levar a resultados desastrosos, causando baixo rendimento da cultura e baixa eficiência de irrigação. Os níveis reduzidos de desempenho de irrigação por sulcos podem ser atribuídos ao dimensionamento incorreto e à operação e manejo insatisfatórios. [6]

No método de irrigação localizada, a água é, em geral, aplicada em apenas uma fração do sistema radicular das plantas, empregando-se emissores pontuais (gotejadores), lineares (tubo poroso ou “tripa”) ou superficiais (microaspersores).

Os principais sistemas de irrigação localizada são o gotejamento, a microaspersão e o gotejamento subsuperficial. A seguir é apresentada a forma de funcionamento de cada um delas:

Gotejamento: nesse sistema a água é levada por tubos, localizados diretamente ao pé da planta, que vão regando gota a gota, em alta frequência e baixa intensidade. Esse método é muito eficiente, porém exige um alto custo para implantação. É comumente utilizado em fruticultura, mas também é usado por produtores de hortaliças e flores, devido ao pouco uso da água, se comparado aos outros tipos de sistemas de irrigação. Pode ser instalado na superfície ou enterrado, porém, para tomar essa decisão, deve ser analisada a cultura a ser irrigada. [6]



Figura 3.4 – Sistema de irrigação por gotejamento

Fonte: <http://softwaresistemas.com.br/agricultura/projetos-sistemas-de-irrigacao-do-solo-agricultura/>

Microaspersão: nessa forma de irrigação a água é aspergida através de microaspersores, ou seja, pequenos aspersores, próximos ao sistema radicular das plantas. É amplamente utilizado em fruticultura, irrigação em casas de vegetação e jardins. Adapta-se a diversas culturas e a qualquer tipo de condições topográficas. [6]

Subsuperficial: atualmente, as linhas laterais de gotejadores ou tubos porosos estão sendo enterrados, de forma a permitir a aplicação subsuperficial da água.

Método de irrigação por subirrigação: nesse método, o lençol freático é mantido a uma certa profundidade, capaz de permitir um fluxo de água adequado à zona radicular da cultura. Geralmente está associado a um sistema de drenagem subsuperficial. Havendo condições satisfatórias, pode-se constituir no método de menor custo.

Método de irrigação por aspersão: nesse método, a água é lançada através de jatos que caem sobre a plantação na forma de chuva.

O sistema de aspersão é um método eficiente, em média 70% de eficácia, variando entre 90% em alguns sistemas e 50% em condições severas de clima, pois o vento, a umidade relativa do ar e a temperatura são os principais fatores climáticos que podem afetar a irrigação por aspersão. [6]

Os sistemas de irrigação por aspersão mais usados são: [4]

Aspersão convencional: o sistema de aspersão é composto, normalmente, por um conjunto de motobomba, tubulações, aspersores e acessórios. Eles são classificados em portáteis, semiportáteis e fixos, dependendo do grau de movimentação do campo.

Pivô central: método de irrigação por aspersão móvel com alto grau de automatização. Consiste numa tubulação com vários aspersores espaçados regularmente, suspensa acima da cultura mediante o apoio sobre torres, que possuem rodas e são movidas por um motor e outros dispositivos que permitem o equipamento se movimentar enquanto irriga o terreno.



Figura 3.5 – Sistema de irrigação por aspersão: Pivô Central

Fonte: <http://www.fockink.ind.br>

3.5 Fatores importantes na escolha do sistema de irrigação

Como visto anteriormente, existem vários sistemas de irrigação para cada método e os principais fatores que influenciam nessa escolha são: [4] [5] [6]

Solos: solos com velocidade de infiltração básica maior que 60 mm/h devem ser irrigados por aspersão ou com irrigação localizada. Para solos com velocidades de infiltração menores que 12 mm/h, em áreas inclinadas, o método mais adequado é o da irrigação localizada. Já para valores intermediários de velocidade de infiltração, os quatro métodos podem ser empregados.

Tipos de plantação: na escolha do sistema de irrigação apropriado para uma cultura, deve se considerar o retorno econômico e a questão fitossanitária e também observar a questão da rotação de cultura, pois o sistema de irrigação tem que atender a todas as culturas a serem cultivadas no sistema de produção.

Clima: a frequência e a quantidade das precipitações que ocorrem durante o ciclo das culturas ditam a importância da irrigação para produção agrícola. Nas regiões áridas e semi-áridas é praticamente impossível produzir sem irrigação. Todavia, em regiões mais úmidas, a irrigação pode ter caráter apenas complementar e os sistemas de menor custo, se atenderem a aos requisitos, devem ser selecionados.

Quantidade e qualidade da água: a vazão e o volume total de água disponível durante o período da cultura parâmetros que devem inicialmente ser analisados para decidir não só o método, mas também a viabilidade ou não de irrigar. A vazão mínima da fonte deve ser igual ou superior à demanda de pico da cultura a ser irrigada, levando-se em consideração também a eficiência de aplicação da água do método.

Topografia: se a área a ser irrigada é plana ou pode ser nivelada sem gasto excessivo, pode-se então usar qualquer um dos quatro métodos. Caso a área não seja plana, deve-se limitar ao uso de aspersão ou localizada, onde a taxa de aplicação da água pode ser ajustada para evitar erosões. Se houver obstrução na área, ou seja, rochas e construções, podem dificultar o uso do método de superfície e subirrigação, mas pode usar o método de aspersão e, principalmente, o método de irrigação localizada.

Portanto, não existe um sistema ideal e sim, um sistema mais adequado a uma determinada situação.

3.6 Sensores de umidade

Anterior a definição do tipo de sensor a ser utilizado para verificação dos níveis de umidade, foi feita uma pesquisa para conhecer os métodos de determinação da umidade do solo mais utilizados.

Existem métodos diretos e indiretos de determinação da umidade do solo. Dentre os métodos diretos, o gravimétrico é o mais utilizado, consistindo em amostrar o solo e, por meio de pesagens, determinar a sua umidade gravimétrica, relacionando a massa de água com a massa de sólidos da amostra ou a umidade volumétrica, relacionando o volume de água contido na amostra e o seu volume. O método gravimétrico possui a desvantagem de necessitar de 24 horas ou mais para obter o resultado. Contudo, é o método-padrão para calibração dos métodos indiretos.[13]

Por possuir determinação instantânea da umidade do solo, os sensores se tornam mais adequados para indicar o início e a duração da irrigação. Os principais métodos indiretos baseiam-se em medidas como a moderação de nêutrons, a resistência do solo à passagem de corrente elétrica, a constante dielétrica do solo e a tensão da água no solo. Essas são características do solo que variam com a sua umidade.[13]

A seguir estão descritos quatro sensores de umidade do solo que são utilizados em sistemas de irrigação inteligente.[13]

Blocos de resistência elétrica: normalmente fabricados de gesso, os blocos de resistência elétrica, são elementos porosos com eletrodos inseridos, cuja passagem de corrente

elétrica entre estes eletrodos, causada principalmente pela solubilização em água dos seus eletrólitos componentes (Ca^{2+} e SO_4^{2-}), é função não linear da tensão da água no solo. Estes blocos de gesso requerem calibração individual periódica, já que sua resposta deteriora no tempo, principalmente em solos com tensão de água baixa, que causem importante solubilização e movimentação do cálcio e do sulfato. Apresenta a vantagem de ser um sensor de baixo custo, ser de fácil fabricação e possuir uma ampla faixa de resposta. No entanto, a deterioração da resposta no tempo, e a necessidade de calibração individualizada dos sensores são suas desvantagens.[13]

Tensiômetro: formado por cápsulas porosas contendo água em sua cavidade que são dispositivos de medição de tensão ou sucção que é mantido em contato com a superfície do solo, ou neste inserido. Em equilíbrio, sua leitura é diretamente a tensão da água no solo, em unidade de energia dividida por volume (pressão).[13]

As principais vantagens do tensiômetro é que são de fácil construção e não necessitam de calibração.[13]

Sua principal limitação é necessitar freqüentes manutenções, visto que acontece um acúmulo de ar na cavidade da cápsula porosa, o que ocorre com velocidade crescente. Por esta razão, o tensiômetro não é um sensor adequado para a automatização de sistemas não assistidos.[13]

Condutividade térmica: um método confiável de se estimar a tensão da água no solo é através do acompanhamento da condutividade térmica de cápsulas porosas de acordo com sua impregnação com água. Neste caso, a variação da massa de água na cápsula porosa é acompanhada através dos seus efeitos diretos sobre a condutividade térmica. O sensor de tensão de água por condutividade térmica é constituído de uma fonte de calor, com dissipação térmica ajustada e estável, usualmente uma resistência elétrica centralizada, e de um sensor para acompanhar a diferença de temperatura entre dois pontos, ao longo do raio de cápsulas porosas cilíndricas. Neste sistema, cada cápsula porosa precisa ser calibrada, individualmente, e a relação entre a tensão de água e a diferença de temperatura medida não é linear e aumenta conforme o solo seca.[13]

Irrigás: fabricado com cápsulas porosas de tensão crítica de água apropriada a cada cultivo. Estas cápsulas porosas, entram em equilíbrio de tensão de água com o solo. Assim, quando o solo seca, acima da denominada tensão crítica, alguns poros se esvaziam o que torna o sensor permeável à passagem de gás. A tensão crítica do Irrigás determinada com a aplicação de pressão até iniciar-se o borbulhamento de cápsulas imersas em água, ou com o

auxílio da câmara de Richards, descrita para o preparo de curvas de retenção de água de solos.[13]

A tensão crítica é o parâmetro necessário para o uso do Irrigás, de modo que o manejo da irrigação com este sensor é efetuado, automaticamente ou não, com o uso de leituras da passagem do gás através da cápsula porosa.[13]

A simplicidade de fabricação e uso, o baixo custo e a linearidade de resposta nas medições de tensão de água em função da pressão de gás aplicado são as principais vantagens do Irrigás. Como limitação, é comum o Irrigás necessitar de manutenção após cada ciclo da cultura, pois sua superfície porosa pode sofrer impregnação com partículas finas de argila e matéria orgânica, se utilizado com pressão negativa. [13]

3.7 Visão geral do projeto

Com o entendimento dos tópicos abordados neste capítulo, torna-se possível o entendimento teórico do sistema proposto. Este trabalho visa mostrar o uso da tecnologia da informação na agricultura, criando um sistema de controle de irrigação automatizado usando microcontrolador (PIC 16F877A). Com as medições do sensor de umidade do solo são realizadas comparações dos valores medidos com o níveis de umidades pré definidos para cada uma das três culturas. Dessa forma, abre ou fecha a válvula solenóide conectada a reservatório de água de acordo com a necessidade de irrigação das cultura selecionada.

Detalhes sobre o hardware e o software utilizados e seus funcionamentos encontram-se no capítulo 4 — Descrição de Hardware e Software. A implementação do projeto pode ser observada no capítulo 5 — Implementação.

CAPÍTULO 4 – DESCRIÇÃO DE HARDWARE E SOFTWARE

Este capítulo aborda, de forma detalhada, as especificações dos dispositivos utilizados e seu funcionamento nesse projeto, a parte física e a parte lógica, o hardware e os softwares respectivamente.

4.1 Hardware

4.1.1 Kit de Desenvolvimento MultiPIC 4 da Uptex Tecnologia

O escopo do projeto é o desenvolvimento de um protótipo que demonstre o funcionamento de um sistema de controle de irrigação, decidiu-se usar um kit de desenvolvimento que atendesse aos requisitos necessários para execução do trabalho em questão. Para isso, o kit escolhido foi o MultiPIC 4 da Uptex Tecnologia.

A figura 4.1 ilustra o kit de desenvolvimento Multipic 4.

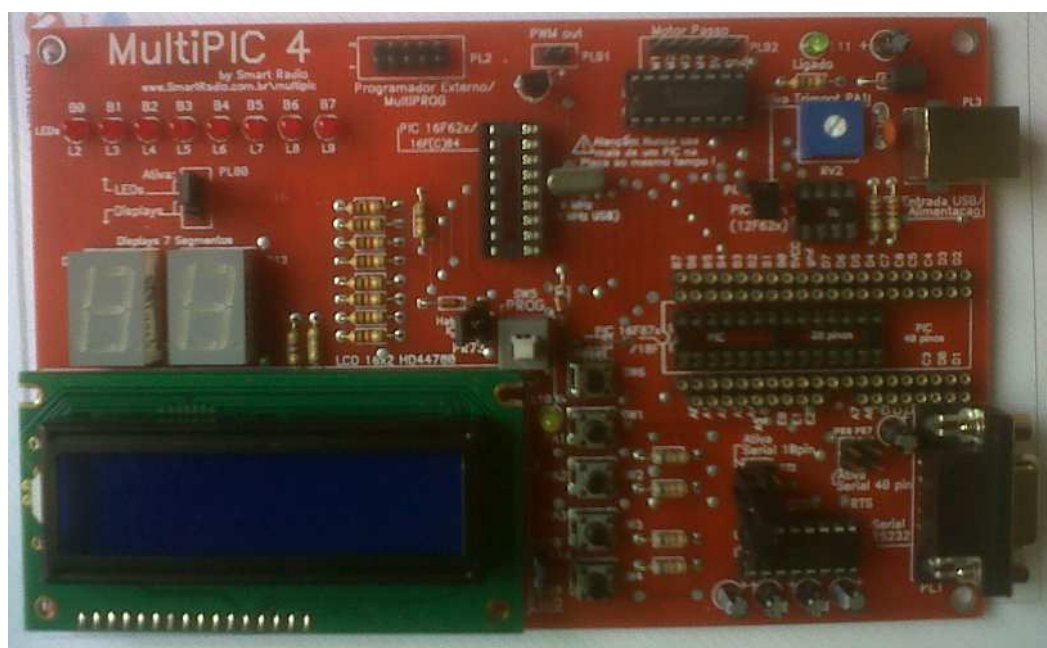


Figura 4.1 – Kit de desenvolvimento Multipic 4 (AUTOR)

O MultiPIC4 dispõe de entrada para programador externo e pode programar o PIC “in circuit”, ou seja, o microcontrolador PIC pode ser programado diretamente na placa, durante a fase de desenvolvimento do software, sem a necessidade de retirá-lo e fazer a programação em um equipamento separado.[8]

Para a integração entre microcontrolador e protótipos de circuitos/componentes externos, o sistema conta com os pinos da portas de I/O do PIC disponíveis ao lado do

soquete de 40 pinos, assim podemos expandir, montar ou testar o circuito desejado usando a placa sem a necessidade de fontes externas, circuitos acessórios, usando o próprio circuito base do MultiPIC4 etc.[8]

Com Display LCD padrão 16x2 **modelo HD44780**, 2 Displays de 7 segmentos, 4 teclas, 4 LEDs, Conversor RS232/TTL, a nova Entrada USB, Trimpot, saída PWM, saída p/motor de passo, alimentação pela USB e entrada para programador externo, podemos facilmente desenvolver programas para o PIC utilizando os periféricos já incorporados no próprio MultiPIC.[8]

Para microcontroladores que suportem o processo de gravação por “BootLoader”, como o 16F877 por exemplo, a placa dispõe de interface TTL/RS232 para ligação e no CD temos o software e firmware de BootLoader. [8]

O kit de desenvolvimento já vem com uma série de periféricos acoplados a ele. A tabela 1 lista os periféricos do kit.

Tabela 1 – Tabela de ativação dos periféricos

Ativando / Desativando os periféricos da placa		
Periférico	Jumper	Localização na Placa
<i>LCD</i>	“Liga LCD”	Ao lado do LCD
<i>LEDs</i>	Jumper PL80 “LEDs/ Displays”	Abaixo dos LEDs
<i>Displays 7 Seg.</i>	Jumper PL80 “LEDs/ Displays”	Abaixo dos LEDs
<i>Chaves Tácteis</i>	Sempre conectadas	---
<i>Conv.RS232/ BootLoader</i>	Jumpers “Serial 40 pin” e “Serial 18 pin”	Lateral direita inferior
<i>Trimpot</i>	Jumper PR4 “Ativa Trimpot PA1”	acima do Trimpot Azul
<i>Cristal (PICs 40, 28, 18 pinos)</i>	Sempre conectado X1 (4.00MHz)	
<i>Saída PWM</i>	Saída no Conector PL91, 0 à 5Volts , sempre conectado PB3	
<i>Motor Passo</i>	Saída no Conector PL92, sempre conectado b4 - B7	

Fonte: Manual instruções do Multipic 4

A figura 4.2 ilustra o diagrama em blocos da conexões aos periféricos do pic de 40/28 pinos.

PICs de 40/28 pinos:

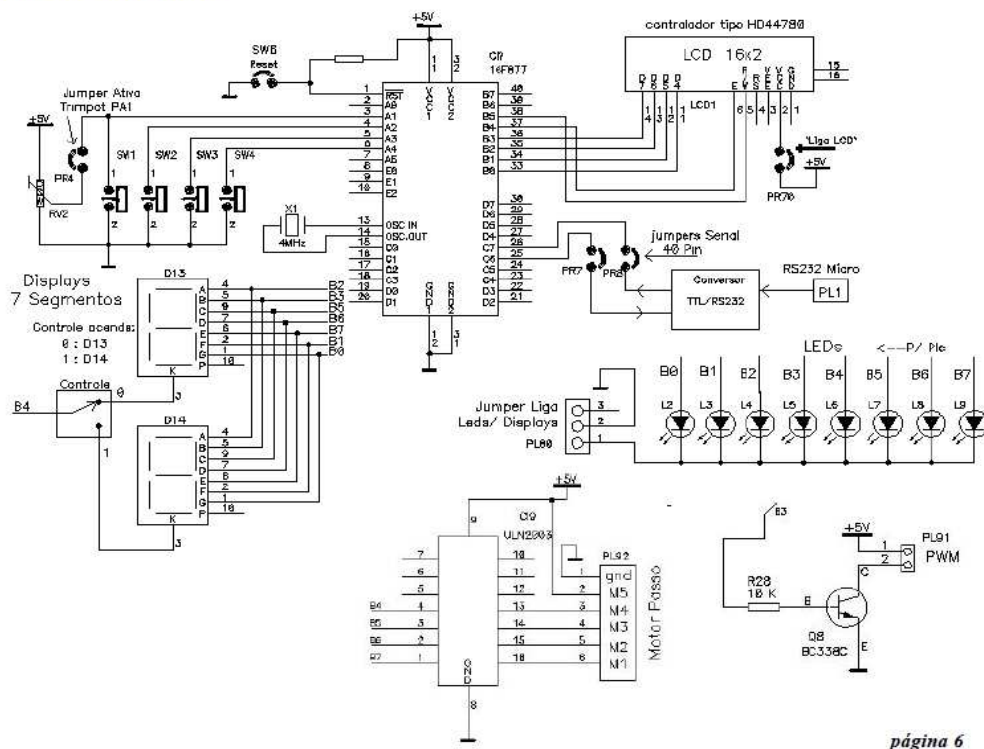


Figura 4.2 – Diagrama em blocos das conexões aos periféricos

Fonte: Manual de instruções do Multipic

Os I/Os do PIC estão disponíveis na lateral do soquete de 40 pinos com a inscrição ao *port* correspondente e, podem ser facilmente interligados ao seu circuito através de fios.

Para desenvolvimento do projeto, foram utilizados os seguintes recursos do kit.

Port A:

- RA0 entrada para o sensor de umidade;
- RA1 entrada para o botão push button (SW1 na placa do kit), servindo para a seleção de 3 tipos de cultura;
- Pino 1 (MCLR) entrada para o botão de reset (SW6);

Para a conexão do LCD utilizou-se os pinos:

Port B:

- RB0 ligado ao barramento de dados (DT4) do LCD;
- RB1 ligado ao barramento de dados (DT5) do LCD;
- RB2 ligado ao barramento de dados (DT6) do LCD;
- RB3 ligado ao barramento de dados (DT7) do LCD;
- RB4 ligado ao terminal de habilitação (EM) do LCD;
- RB5 ligado ao terminal de Leitura/Seleção(RS) do LCD;

Port E:

- RE2 ligado ao terminal de Leitura/Escrita(RW) do LCD.

No pino RB7 do Port B foi conectada a placa de acionamento para a válvula de solenóide, com acionamento por uma fonte de alimentação externa de 12 volts.

4.1.2 Microcontrolador PIC16F877A

Conforme mencionado no capítulo anterior, o microcontrolador utilizado nesse projeto foi o PIC 16F877A. É um modelo de 40 pinos, o que possibilita a montagem de um hardware complexo e capaz de interagir com diversos recursos ao mesmo tempo. A Figura 4.3 ilustra o PIC 16F877A utilizado neste projeto.



Figura 4.3 – PIC16F877A (AUTOR)

O que diferencia os diversos tipos de microcontroladores, são as quantidades de memória interna (programa e dados), velocidade de processamento, quantidade de pinos de entrada/saída (I/O), alimentação, periféricos, arquitetura e set de instruções.[9]

O PIC pode ser visto externamente como um circuito integrado TTL ou CMOS normal, mas internamente dispõe de todos os dispositivos típicos de um sistema microprocessado, ou seja: uma CPU (Central Processor Unit ou Unidade de Processamento Central) e sua finalidade é interpretar as instruções de programa, uma memória PROM (Programmable Read Only Memory ou Memória Programável Somente para Leitura) na qual memoriza de maneira permanente as instruções do programa, uma memória RAM (Random Access Memory ou Memória de Acesso Aleatório) utilizada para memorizar as variáveis utilizadas pelo programa, uma série de LINHAS de I/O (entrada e saída) para controlar dispositivos externos ou receber pulsos de sensores, chaves, etc. Além desses, o PIC possui uma série de dispositivos auxiliares ao funcionamento, ou seja, gerador de clock, bus, contador, etc. A presença de todos estes dispositivos em um espaço extremamente pequeno, dá ao projetista ampla gama de trabalho e enorme vantagem em usar um sistema microprocessado, onde em pouco tempo e com poucos componentes externos podemos fazer o que seria oneroso fazer com circuitos tradicionais.[9]

O PIC16F877 é um microcontrolador muito usado em experimentos e pequenos projetos, devido ao seu custo ser muito baixo e ser fácil de programar. O projeto com microcontroladores facilita a vida dos projetistas de circuitos, pois em vez de usar uma quantidade grande de componentes que realizem várias funções diferentes cada um, usa-se praticamente o mesmo hardware e caso haja necessidade a modificação pode ser feita somente via software.[10]

O microcontrolador PIC16F877 possui a arquitetura RISC, logo, são máquinas com um conjunto pequeno de instruções. Ele possui exatamente 35 instruções, que ocupam uma palavra de 14 bits.[10]

O PIC16F877 possui as seguintes características básicas:[10]

- 8k x 14 bits de memória flash.
- 368 x 8 bits de memória RAM.
- 256 x 8 bits de memória EEPROM.
- Pilha implementada por hardware de 8 níveis.
- Endereçamento nos modos direto, indireto e relativo.
- 5 portas de Entrada/Saída.
- Conversão de A/D de bits com entradas multiplexadas.
- 14 fontes de interrupção (internas e externas).
- Programa gravado em EEPROM, com até 1.000.000 de ciclos de apagamento e escrita, com retenção garantida por mais de 40 anos.
- Dois temporizadores de oito bits programável, com pré-divisor também programável de oito bits.
- Um temporizador de 16 bits.
- Operação em tensões desde 2 a 5.5 Volts, com consumo de corrente típico em torno de 2 mA.

O PIC16F877 é encapsulado de diferentes formas, mas o formato PDIP, de 40 pinos é o mais indicado para o experimentador e cada terminal do microcontrolador tem uma ou mais funções bem definidas, e a cada um é associado um nome que nos lembra a função correspondente.[10]

Para manter o número de terminais pequeno e ao mesmo permitir ao PIC16F877 comportar um número maior o possível de periféricos, vários pinos tiveram que ser

multiplexados, ou seja, nestes pinos possuem mais de uma função. A seleção da função depende do modo de operação do PIC.[10]

A figura 4.4 ilustra a pinagem do PIC16F877 e suas respectivas funções.

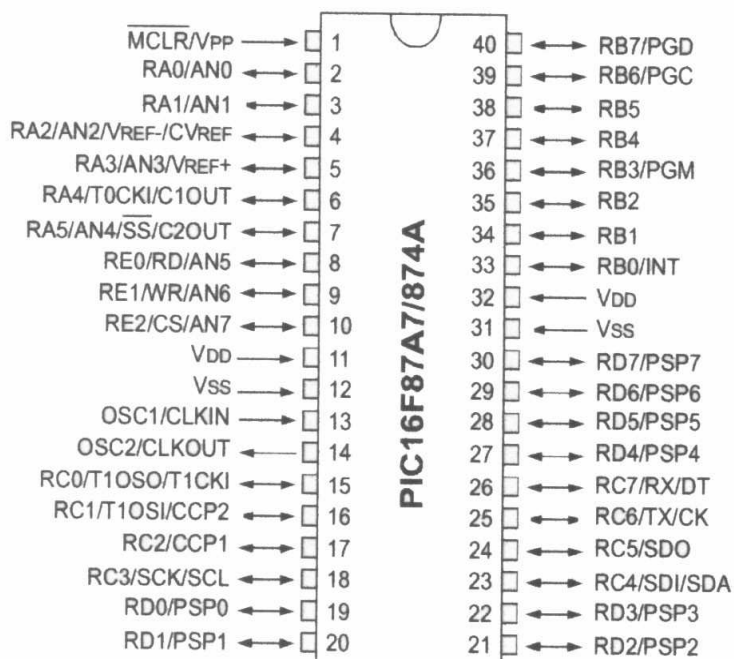


Figura 4.4 – Pinos microcontrolador PIC16F877A

Fonte: Data sheet PIC16F877A

4.2 Válvula de solenóide

A válvula solenóide é um equipamento que tem muitas utilizações na área de controle de fluidos. Ela é formada por duas partes principais, que são: corpo e a bobina solenóide.

A válvula solenóide possui um bobina que é formada por um fio enrolado através de um cilindro. Quando uma corrente elétrica passa por este fio, ela gera uma força no centro da bobina solenóide, fazendo com que o êmbolo da válvula seja acionado, criando assim o sistema de abertura e fechamento. [11]

Outra parte que compõe a válvula é o corpo. Este, por sua vez, possui um dispositivo que permite a passagem de um fluido ou não, quando sua haste é acionada pela força da bobina. Esta força é que faz o pino ser puxado para o centro da bobina, permitindo a passagem do fluido. [11]

O processo de fechamento da válvula solenóide ocorre quando a bobina perde energia, pois o pino exerce uma força através de seu peso e da mola que tem instalada. [11]

Exemplos de excitação analógica de solenóide é a ativação da bobina de um alto falante de áudio ou o controle de freios mecânicos em carros elétricos. Porém, a solenóide é

mais usada em sistemas de controle como um dispositivo digital, onde uma potência constante é aplicada ou retirada de sua bobina.[11]

A figura 4.5 ilustra uma válvula de solenóide.

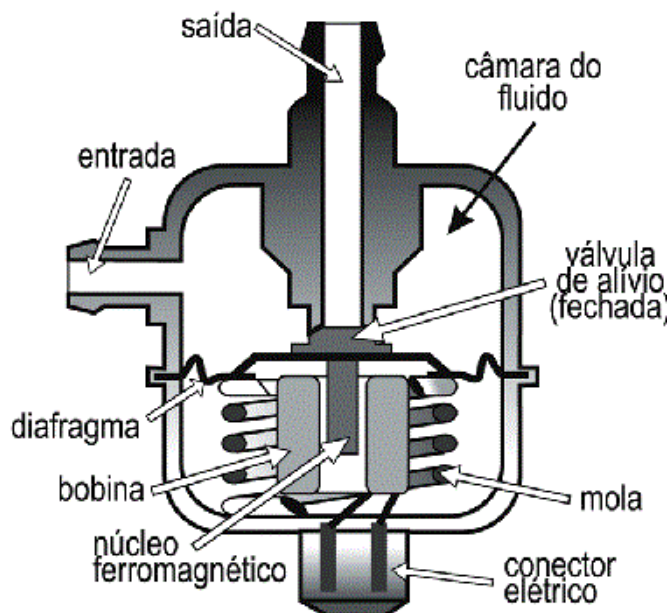


Figura 4.5 - Válvula de Solenóide

Fonte: <http://arquivo.oficinabrasil.com.br>

A solenóide pode estar acoplada a um relé, para operar contatos elétricos. Os contatos são abertos ou fechados, conforme a energização-desenergização da bobina. Outra aplicação industrial importante é acoplar o solenóide ao corpo de uma válvula; tem-se a válvula solenóide.[11]

A válvula solenóide é a combinação de duas unidades funcionais básicas: a solenóide e a válvula. A válvula solenóide é usada para controlar a vazão de fluidos em tubulações, principalmente de modo digital (liga-desliga). Ela é aberta ou fechada pelo movimento do núcleo acionado na solenóide, quando a bobina é energizada.[11]

As válvulas são disponíveis na construção normalmente fechada ou normalmente aberta. A válvula normalmente fechada abre, quando se aplica corrente (energiza) e fechada quando a corrente é cortada (desenergizada). A válvula normalmente aberta fecha quando a corrente é aplicada e abre quando a corrente é cortada. Os termos normalmente aberto ou normalmente fechado se referem à posição antes da aplicação da corrente.[11]

As válvulas solenóides são projetadas para operação liga-desliga (*on-off*) ou totalmente aberta ou totalmente fechada. [11]

As solenóides são usualmente empregadas com válvulas globo liga desliga com haste deslizante. Há basicamente quatro tipos de operação, tais como: Ação direta, operada por piloto interno, operada por piloto externo e com sede e disco semibalanceados.[11]

A válvula de solenóide usada no projeto é uma válvula de máquina de lavar roupas totalmente fechada e possui tensão de entrada de 220V, foi escolhida por atender as necessidades do projeto, ser de fácil manuseio e baixo custo.

A foto abaixo mostra a válvula de solenóide usada no projeto.

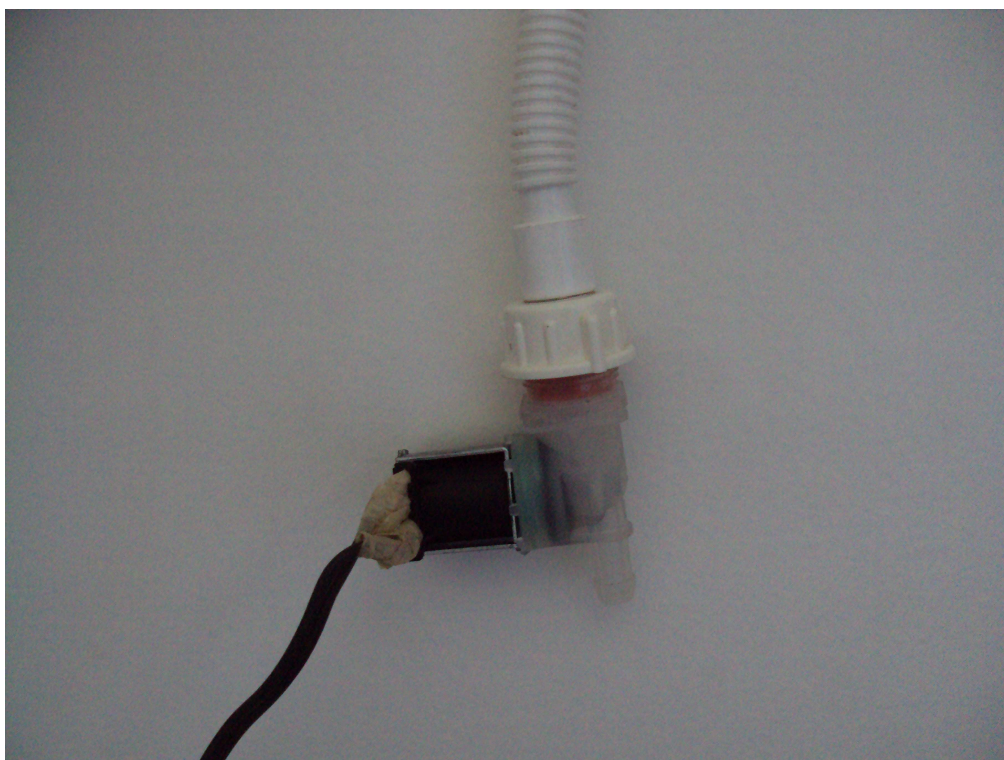


Figura 4.6 – Válvula de solenóide de máquinas de lavar (AUTOR)

4.3 O relé de acionamento da válvula de solenóide

Para acionar a válvula, foi usado um relé de 12V. O relé funciona como interface entre o microcontrolador e a válvula de solenóide. A figura 3.6 ilustra o relé utilizado no projeto.



Figura 4.7 – Relé de 12 V

Fonte: <http://www.sportcartuning.com.br>

Um relé eletromecânico comum é um interruptor ou chave eletromecânica acionado quando se estabelece uma corrente através de uma bobina. [12]

Quando aplica-se uma tensão na bobina, uma corrente circula, criando um campo magnético que atrai a armadura e, portanto, aciona o sistema de contatos. Uma importante característica do relé é que ele pode ser energizado com correntes muito pequenas em relação à corrente que o circuito controlado exige para funcionar. Isso significa a possibilidade de se controlar circuitos de altas correntes como motores, lâmpadas e máquinas industriais, diretamente a partir de dispositivos eletrônicos fracos como transistores e circuitos integrados.

A figura 4.8 ilustra a estrutura básica de um relé.

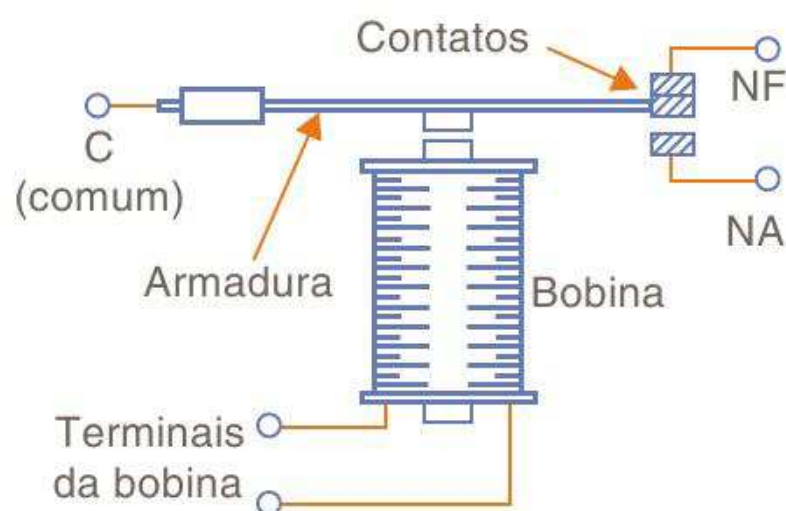


Figura 4.8 – Estrutura básica de um relé

Fonte: <http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/837>

4.4 O sensor de umidade do solo

Os tipos de sensores de umidades foram apresentados no capítulo 3 e devido ao baixo custo, facilidade de fabricação e o tipo de resposta apresentado, foi escolhido o uso de um sensor caseiro com o princípio de blocos de resistência elétrica. É um sensor passivo, ou seja, não precisa de fonte de energia para funcionar.

O sensor de umidade mais simples usa apenas 2 fios desencapados ligados ao circuito do sistema. Quando o solo fica mais úmido, há uma diferença de tensão e ele muda o valor do sensor. No entanto, para um sensor de umidade do solo, esse sensor não apresenta uma variação muito confiável e uma forma de melhorar a qualidade da medida é conectar os fios a uma pequena placa de gesso ou qualquer material absorvente. Dessa forma, o gesso “filtra” água do solo, resultando em um meio condutor mais puro e, conseqüentemente, mais confiabilidade nos valores fornecidos pelo sensor.[13]

A figura 4.9 ilustra o sensor de umidade do solo usado no projeto.

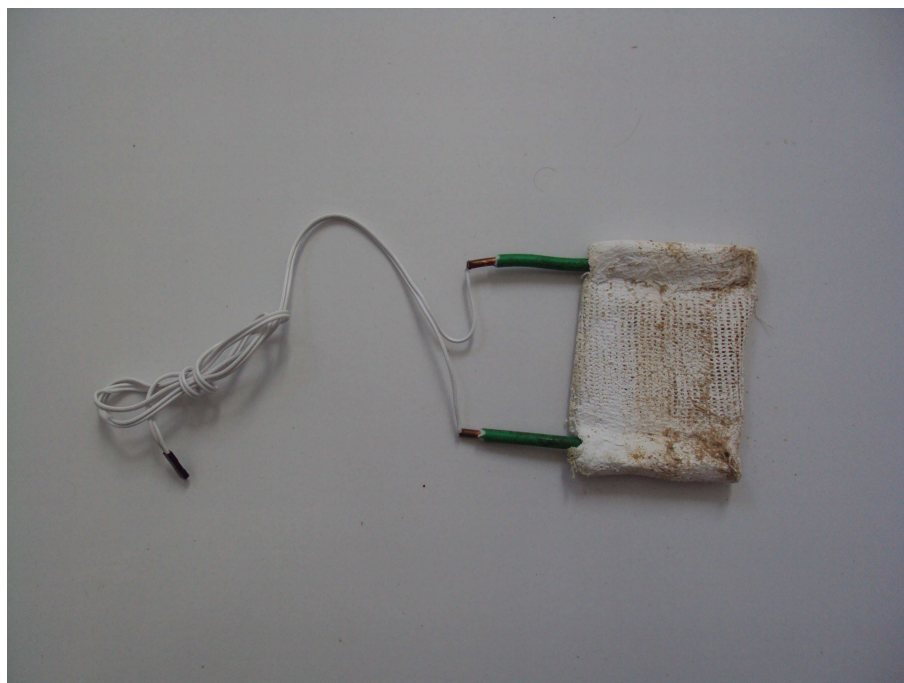


Figura 4.9 – Sensor de umidade do solo (AUTOR)

CAPÍTULO 5 – IMPLEMENTAÇÃO

Este capítulo aborda tópicos fundamentais para compreensão geral da implementação do projeto por meio das seguintes etapas:

- Modelagem do sistema;
- Elaboração dos circuitos;
- Desenvolvimento do software;
- Montagem do circuito da placa de acionamento da válvula de solenóide;
- Montagem e calibragem do sensor de umidade;
- Montagem do protótipo.

5.1 Modelagem do sistema

O primeiro passo para implementação do sistema foi o levantamento dos pré requisitos necessários a implantação do projeto. Após esse levantamento, estudo das opções disponíveis e escolha de alguns componentes, foi definido e construído tipo de sensor de umidade, a válvula de solenóide, o kit de desenvolvimento e a linguagem de programação, componentes principais. O restante foi definido como consequência dos experimentos da fase de testes. Além disso, foram providenciados recipientes para terra e água, mangueira e fios.

5.2 Fluxograma

Após definição dos componentes, foi elaborado o fluxograma do sistema, conforme mostrado na figura 5.1. Este fluxograma foi importante também na elaboração do código fonte e na compra de todos os componentes que foram utilizados na elaboração dos circuitos e na montagem final do protótipo.

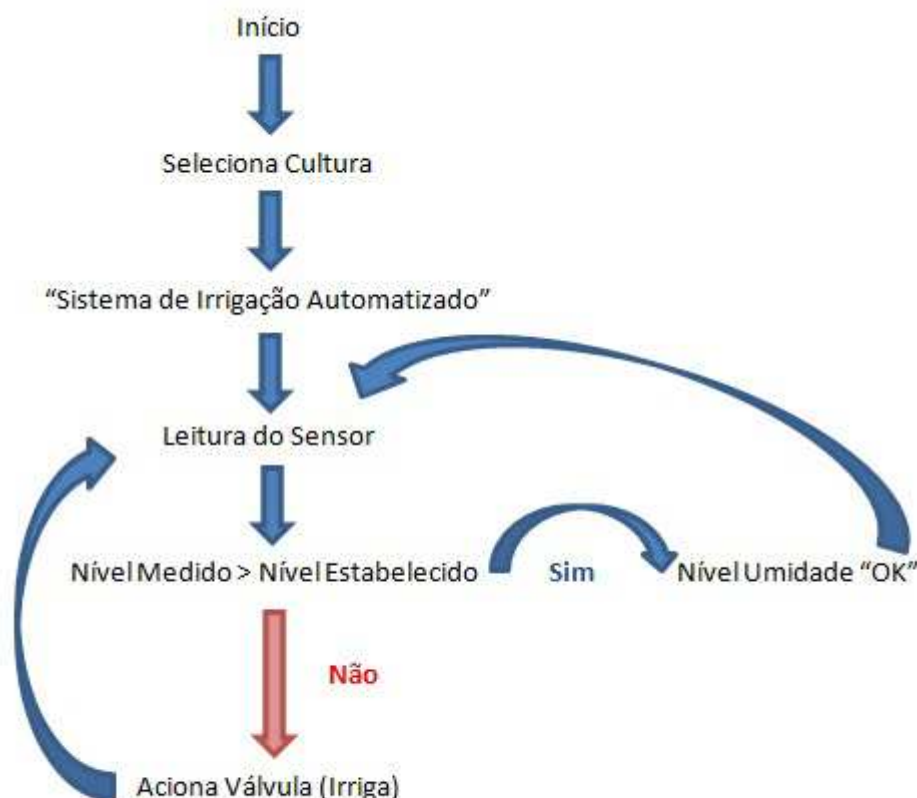


Figura 5.1 – Fluxograma de execução do sistema de irrigação (AUTOR)

5.3 Elaboração dos circuitos

Após a confecção do fluxograma, o passo seguinte foi a elaboração dos circuitos. Em um primeiro momento foi feito de forma simples, após os testes foi-se adequando quais componentes utilizar, quais funções do kit de desenvolvimento aproveitar e pinos do microcontrolador a serem utilizados.

5.4 Simulação

A simulação do projeto foi realizada no Proteus 7 Professional, software de desenho e simulação muito utilizado por estudantes e profissionais que trabalham com desenvolvimento de aplicações analógicas e digitais. O Proteus possui duas importantes ferramentas chamadas ISIS e ARES. O ISIS, por meio símbolos representativos dos componentes, possibilita a criação e a simulação do funcionamento do circuito sem o risco de ocasionar danos a este. Já o ambiente ARES permite que possamos criar *layouts* de circuitos impressos.

Onde R_s = resistência do sensor

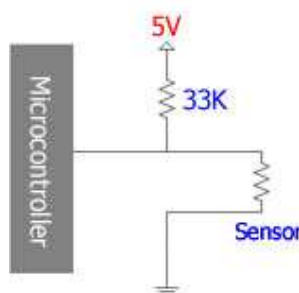


Figura 5.3 – Circuito de acionamento do sensor

Fonte: <http://www.blikstein.com/gogo/documents/making%20sensors.html>

5.6 Desenvolvimento do software

Com base no fluxograma e definida a linguagem de programação para desenvolvimento do software do sistema, linguagem C, iniciou-se então a programação usando o compilador PIC C da CCS. O software possui interface gráfica e facilitou o desenvolvimento do projeto.

O programa inicia-se com inclusão de bibliotecas necessárias, definição do conversor AD de 10 bits, definição do *clock* e portas a que foram usadas, entre outras definições.

A função principal começa gerando uma tela de apresentação no display solicitando que seja selecionado tipo de cultura. A seguir um loop infinito fica esperando a seleção do tipo de cultura, que se dá por um *Push Button* do kit. Se apertar uma vez seleciona a cultura 1, duas a cultura 2 até a terceira vez para selecionar a cultura 3. De acordo com a seleção, são chamadas as funções de cada uma das três culturas, que têm funcionamento similar, variando apenas os valores de umidade previamente definidos.

Após as definições de valores para os três níveis de umidade definidos por testes e medições práticas, começam as comparações entre os valores de umidade medidos pelo sensor e os níveis pré estabelecidos, que variam para cada cultura. Se o nível de umidade medido estiver acima do nível estabelecido, ele é considerado bom e não é aberta a válvula de solenóide. Se o nível de umidade medido estiver abaixo do valor estabelecido para a cultura selecionada, a válvula é acionada iniciando o processo de irrigação, que continuará até que o valor medido seja igual ou superior ao valor previamente estabelecido, quando o sistema fecha a válvula, interrompendo a irrigação.

Depois do programa escrito, foi realizada a simulação do sistema e do circuito de acionamento da válvula no Proteus. Os testes no simulador e possibilitaram alguns importantes ajustes para evolução do sistema.

5.7 Montagem da placa de acionamento da válvula de solenóide

Além da simulação do sistema de irrigação, foi preciso fazer o circuito para placa de acionamento da válvula solenóide, circuito este que também foi desenvolvido no Proteus Isis e gerado o circuito impresso para confecção da placa física por meio do Proteus ARES.

A figura 5.5 ilustra o circuito de acionamento da válvula.

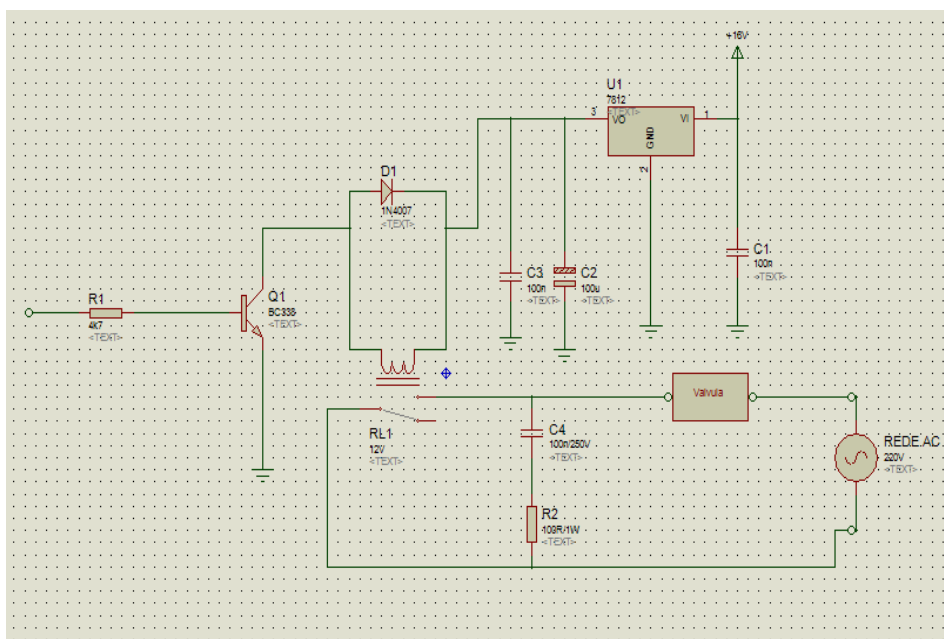


Figura 5.4 - Circuito de acionamento da válvula de solenóide (AUTOR)

A válvula de solenóide usada no projeto possui tensão de entrada de 220V e o relé usado para fazer interface entre ela e o microcontrolador possui tensão de entrada de 12V. Portanto, foi necessária a confecção de uma placa que atendesse a necessidade de ambos.

Para alimentação do relé, usou-se uma fonte de 18V de saída, portanto foi necessário um regulador de tensão 7812 para conversão em 12V.

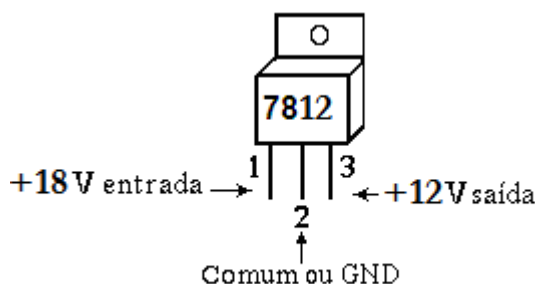


Figura 5.5 – Regulador de tensão 7812

Fonte: <http://souziva.vilabol.uol.com.br/regulador1.html>

Além do regulador de tensão, foram usados capacitores, resistores, um diodo, um transistor e outros componentes eletrônicos para a confecção da placa.

O software Proteus Ares foi usado na elaboração da placa com base no circuito desenhado no software Proteus Isis.

A figura 5.7 ilustra a placa desenhada no Proteus Ares.

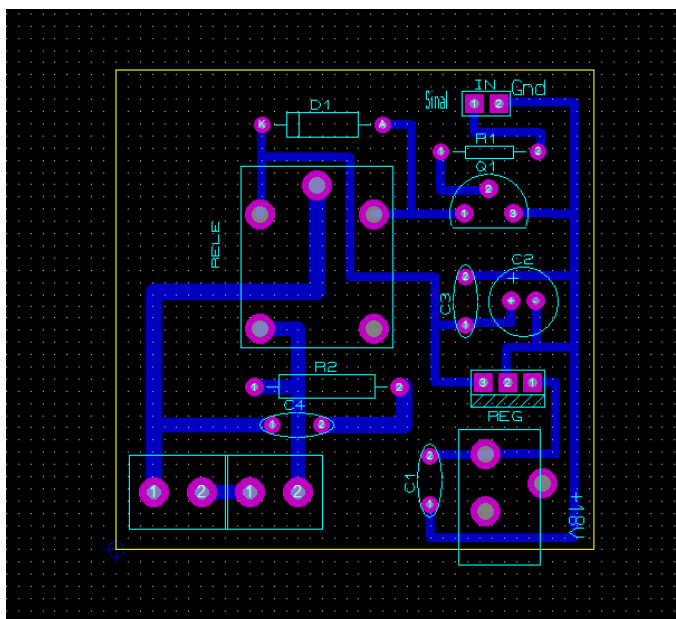


Figura 5.6 – Placa desenhada no Proteus Ares (AUTOR)

A figura 5.8 ilustra a placa após a corrosão das trilhas e soldagem dos componentes nos seus respectivos lugares.

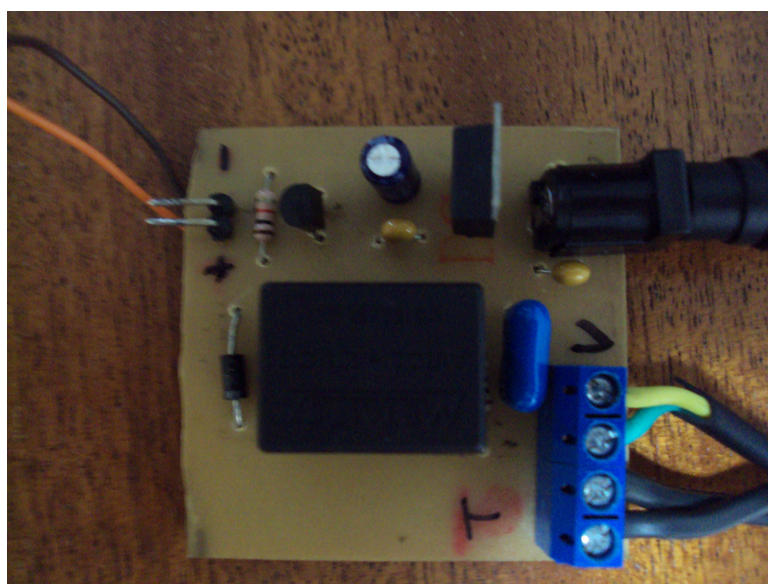


Figura 5.7 – Placa de acionamento da válvula de solenóide (AUTOR)

CAPÍTULO 6 – TESTES E RESULTADOS OBTIDOS

6.1 Calibração do sensor de umidade do solo

A calibração do sensor de umidade do solo foi realizada por coletas de medições com diferentes níveis de água. A medida que os testes foram acontecendo foi possível observar que a leitura feita no sensor tem uma variação de um ou dois números quando convertido para digital, mas não atrapalhou no andamento do projeto, pois a margem de erro é muito pequena em relação aos valores medidos no sensor.

Após alguns testes, foram estabelecidas faixas de valores para as três culturas, e não apenas um valor para irrigar caso o nível de umidade medido fosse menor ou não irrigar caso o nível medido fosse maior. Essa definição se deu como consequência de testes e experimentos durante a calibração do sensor, que apresentava algumas pequenas variações nas medidas. As faixas de valores, mesmo que pequenas, minimizaram os inícios e interrupções indevidos do processo de irrigação de forma satisfatória.

6.2 Gravação do software no microcontrolador

Para gravação do software desenvolvido no Pic, foi usado o gravador Usb Pic Pickit2 Mplab da empresa Robótica simples, que permite que o microcontrolador seja gravado inúmeras vezes com bastante agilidade, o que não acontece quando se grava utilizando a porta serial.

O arquivo gravado no microcontrolador é o de extensão .HEX, resultado da compilação do arquivo de extensão .C no compilador PIC C.

A figura 6.1 ilustra o dispositivo usado para a gravação do microcontrolador.

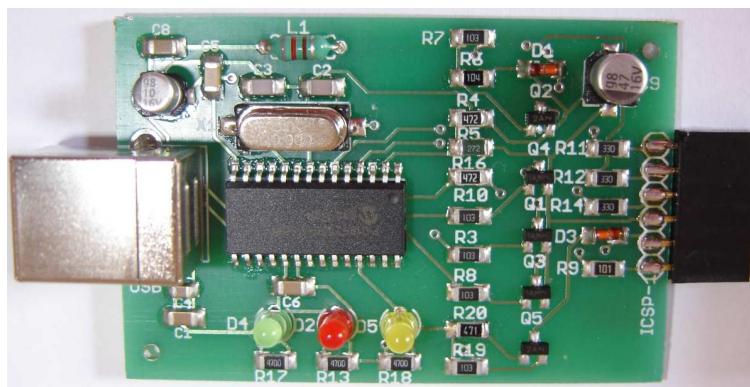


Figura 6.1 - Gravador Usb Pic Pickit2 Mplab

Fonte: http://roboticasimples.com/catalog/popup_image.php?PID=72&osCsid=3483b9358a8f2ed30579c58e01df5a8d

6.3 Resultados obtidos

Depois de concluídas todas as etapas de desenvolvimento, iniciou-se a instalação de todos os componentes que fazem parte do sistema projetado.

Após a instalação dos componentes e alimentados o kit, a placa e a válvula, concluí-se a montagem do protótipo.

A figura 6.2 ilustra o projeto montado com todos os dispositivos interligados e alimentados.

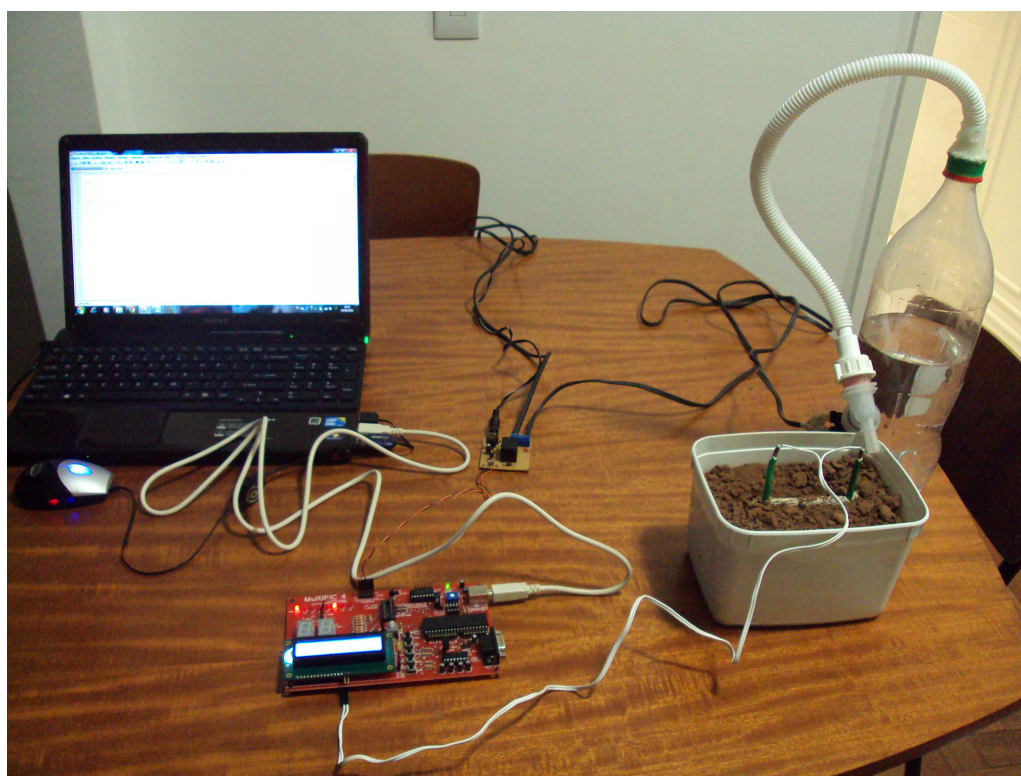


Figura 6.2 - Projeto montado (AUTOR)

Com o sistema em funcionamento foi possível visualizar que o microcontrolador leu valores confiáveis do sensor e foi capaz de medir se o solo estava ou não nos níveis de umidade desejados, acionando e desligando a válvula de solenóide como esperado.

A figura 6.3 ilustra a tela de inicialização do sistema, solicitando que seja selecionada a cultura desejada.



Figura 6.3 – Display: Tela de inicialização (AUTOR)

Após a seleção de uma cultura, é medido o nível de umidade do solo pelo sensor e o sistema compara o valor medido com o valor pré definido para a cultura selecionada. Se o valor medido for menor que o estabelecido, o sistema abre a válvula de solenóide inicializando o processo de irrigação. A figura 6.4 ilustra o display do kit com o processo de irrigação em andamento.



Figura 6.4 – Display: durante irrigação (AUTOR)

O sistema continua verificando o nível de umidade do solo, quando o nível medido se iguala ou fica superior ao nível de umidade prestabelecido, o sistema fecha a válvula de solenóide, interrompe a irrigação e avisa no display, como ilustra a figura 6.5.



Figura 6.5 – Display: desligando a válvula (AUTOR)

Depois de interrompida a irrigação, o sistema continua verificando o nível de umidade do solo até que o nível volte a ficar abaixo do estabelecido, quando o processo de irrigação é reiniciado, começando um novo ciclo.

O sistema pode ser reinicializado a qualquer momento assim como o tipo de cultura pode ser alterado, ambos pelos botões definidos para cada função no kit. Quando o sistema é reinicializado, é apresentada novamente a tela solicitando a seleção da cultura.

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 Conclusões

Neste trabalho foi desenvolvido um protótipo de um sistema de irrigação automatizado que simulasse o real funcionamento de um sistema de irrigação de um pequeno produtor, objetivando um melhor aproveitamento dos recursos hídricos, aumentando a produção e facilitando a vida do agricultor no cultivo do produto desejado.

O sistema foi desenvolvido para cultivo de três culturas com diferentes demandas de água, utilizando um sensor de umidade do solo, válvula de solenóide para controlar o fluxo de água e microcontrolador.

Para desenvolvimento deste trabalho foram utilizados diversos conhecimentos abordados no curso de Engenharia da computação, principalmente eletrônica, programação e integração de tecnologias através da simulação, montagem e testes do circuito, com o intuito de obter, experimentalmente, uma medida da umidade do solo.

A escolha de um sensor de simples confecção e que permite uma leitura compatível com a realidade, a programação, o acionamento válvula de solenóide, a simulação e construção do projeto foram importantes etapas superadas e fundamentais para o êxito.

É possível concluir que os resultados obtidos cumpriram com as propostas e os objetivos planejados para este trabalho e o protótipo encontra-se em funcionamento e operando de acordo com a programação almejada.

7.2 Sugestões para trabalhos futuros

O modelo construído aborda um assunto amplo e com muitas possibilidades de crescimento. Como proposta para trabalhos futuros, possíveis pontos para continuidade e melhorias do projeto são:

- Envio de dados do sensor de umidade por meio de comunicação sem fio;
- Usar vários sensores e válvulas, possibilitando que fossem cultivadas diferentes culturas em uma horta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Lima, Jorge E. F. W.; Ferreira, Raquel. S. Alves; Christofidis, Demetrios. O uso da irrigação no Brasil, Embrapa, 2003.
- [2] Paulino, Janaina; Folegatti, Marcos Vinicíus; Zolin, Cornélio Alberto; Sánchez-Román, Rodrigo Máximo; Situação da Agricultura Irrigada no Brasil de Acordo com o Censo Agropecuário de 2006. Home Page: <http://200.145.140.50/index.php/irriga/article/viewFile/201/113>. Acessado em 15.02.2012.
- [3] Portal do agronegócio, Home Page: <http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=22952>. Acessado em 18.02.2012.
- [4] Embrapa, Home Page: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/irrigacao.htm>. Acessado em 20.02.2012.
- [5] Mundo Verde, Home Page: <http://agriculturabrasileira.blogspot.com/2009/05/fatores-que-afetam-selecao-do-metodo-de.html>. Acessado em 20.02.2012.
- [6] Andrade, Camilo de Lelis Teixeira de; Brito, Ricardo Augusto Lopes; Circular Técnica 86 Embrapa; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Dezembro de 2006. Acessado em 20.02.2012.
- [7] SALASSIER, Bernardo. Impacto Ambiental da Irrigação No Brasil. A AGUA EM REVISTA, BELO HORIZONTE - MG, n. 5, 1995.
- [8] Rodrigues, Rodolfo, Manual de instruções MultiPic, São Paulo: Smart Radio, Rev. 01, 2009, 15 p.
- [9] Microcontroladores Pic: http://www.radioamadores.net/files/microcontroladores_pic.pdf - Acessado em 29.03.2012.
- [10] Solbet Ltda, Considerações básicas sobre o PIC16F877A, Campinas, versão 1, 2007, 24 p.
- [11] RIBEIRO, Marco Antônio, instrumentação industrial, 9ª Edição, Tek Treinamento & Consultoria Ltda., 1999
- [12] Saber Eletrônica Online, Home Page: <http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/837> . Acessado em 15.04.2012.
- [13] Giovani Neves Jr, Home Page: <http://giovanijr.wordpress.com/agricultura-irrigada/principais-metodos-de-determinacao-da-umidade-do-solo> - Acessado em 21.04.2012.

APÊNDICE

CÓDIGO FONTE DO PROTÓTIPO

/******Trabalho de Projeto Final*****

Nome do Arquivo: culturas.c

Versão: 1.0

Descrição: Sistema de irrigação automatizado para três culturas

Autor: Marco Antonio Caixeta Altoe

Compilador: PIC COMPILER Versão 3.43.

Ambiente de simulação: Proteus 7.7 SP2 toolsuíte ISIS Professional.

Microcontrolador utilizado: PIC16F877A.

Data: 1º sem/2012

*****/

#include <16F877A.h> //Inclui a biblioteca do PIC16F877A.

#device adc=10 //Utiliza conversor AD com resolução p/ 10 bits.

#fuses XT, NOWDT, NOPROTECT, NOLVP, PUT, NOBROWNOUT, NOCPD, NODEBUG, NOWRT

#use delay(clock=4000000) //oscilador de 4 Mhz.

//#use rs232(baud=1200, xmit=PIN_C6, bits=8, parity=N)

#include <mod_lcd.c> //Inclui a biblioteca p/ manipulação do LCD.

#define botao_cultura PIN_A1 //Push Button p/ seleção do tipo de cultura ligado ao pino RA1.

#use fast_io (a) //Inicialização rápida dos pinos de entrada do microcontrolador. O hardware terá

//controle total.

#use fast_io (c)

#use fast_io (d)

/******Definições dos pinos do PIC*****

RB5 ligado ao pino 4 (RS) do LCD.

RB4 ligado ao pino 6 (E = Enable) do LCD.

RB3 ligado ao pino 14 (DB7) do LCD.

RB2 ligado ao pino 13 (DB6) do LCD.

RB1 ligado ao pino 12 (DB5) do LCD.

RB0 ligado ao pino 11 (DB4) do LCD.

RE2 ligado ao pino 5 (R/W) do LCD.

pino 1 (Vss) do LCD ligado ao GND.

pino 2 (Vdd) do LCD ligado ao +5V.

pino 3 (Vee) do LCD ligado ao trimpot de contraste.

RA0 entrada para o sensor de umidade.

RA1 entrada do push button p/ seleção das culturas.

```

/*****Definições da RAM*****/

```

```

byte ValorLido, ValorCultura_1, ValorCultura_2, ValorCultura_3 = 0;

```

```

void Leitura_Cultura_1(); //Função p/ leitura de cultura 1.

```

```

void Leitura_Cultura_2(); //Função p/ leitura de cultura 2.

```

```

void Leitura_Cultura_3(); //Função p/ leitura de cultura 3.

```

```

/*****Função Principal*****/

```

```

void main()

```

```

{

```

```

    output_low(pin_E2);    //Linha RW do LCD em zero.

```

```

    output_B(0x000);       //Limpa todo Port B conectado ao LCD.

```

```

    delay_ms(100); //Espera 100ms p/ inicializar o Port B do microcontrolador.

```

```

    lcd_ini();             //Inicializa o LCD.

```

```

    setup_adc_ports(RA0_ANALOG);    //Configura como ADC RA0.

```

```

    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL); //ADC com clock interno.

```

```

    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);  //Desliga comparadores.

```

```

    setup_vref(FALSE);              //Referência de tensão desligada.

```

```

    lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.

```

```

    lcd_pos_xy(2,1);    //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.

```

```

    printf(lcd_escreve,"Projeto Final\r"); //Escreve no LCD.

```

```

    printf(lcd_escreve,"\nSELEC. CULTURA");

```

```

    delay_ms(300);

```

```

        do

```

```

        {

```

```

    if(!input(botao_cultura)) //Pressionando botão, seleciona Cultura 1.
    {
        Leitura_Cultura_1();           //chama a função p/ cultura 1.
        delay_ms(200);                 //Delay de 200 ms p/ evitar repique no push button.

        while(input(botao_cultura))    //Enquanto botão não estiver pressionado...
        {
            Leitura_Cultura_1();        //Atualiza a leitura p/ cultura 1.
        }

        if(!input(botao_cultura)) //Pressionando botão, seleciona Cultura 2.
        {
            Leitura_Cultura_2();        //chama a função p/ cultura 2.
            delay_ms(200);              //Delay de 200 ms p/ evitar repique no push button.

            while(input(botao_cultura)) //Enquanto botão não estiver pressionado...
            {
                Leitura_Cultura_2();    //Atualiza a leitura p/ cultura 2.
            }

            if(!input(botao_cultura)) //Pressionando botão, seleciona Cultura 3.
            {
                Leitura_Cultura_3();    //chama a função p/ cultura 3.
                delay_ms(200);          //Delay de 200 ms p/ evitar repique no push button.

                while(input(botao_cultura)) //Enquanto botão não estiver pressionado...
                {
                    Leitura_Cultura_3(); //Atualiza a leitura p/ cultura 3,
                }

            } while(true);
        } //Fim do main.

        /*****Função p/ Cultura 1 selecionada*****/

        void Leitura_Cultura_1()
        {
            set_adc_channel(0); //Leitura do sensor de umidade em RA0.
            delay_ms(10);
            read_adc(adc_start_only);
            ValorCultura_1 = read_adc(adc_read_only);
            printf(lcd_escreve,"\nCultura 1 = %u", ValorCultura_1);
            delay_ms(1000); //Tempo entre as leituras do sensor.

            if(ValorCultura_1<190) // Valor definido mediante testes

```

```

{
    lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.
    lcd_pos_xy(2,1);      //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
    printf(lcd_escreve,"\f NIVEL BOM ");
}
else if(ValorCultura_1>=190)
{
    do                // laço do...while, enquanto estiver seco vai ficar irrigando
    {
        output_high(pin_B7);      //Liga a válvula de irrigação.
        lcd_escreve("\f");      //Limpa o LCD.
        lcd_pos_xy(2,1);      //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
        printf(lcd_escreve,"\f IRRIGANDO ..."); // imprime no LCD enquanto irriga
        delay_ms(600);
        set_adc_channel(0); //Leitura do sensor de umidade em RA0.
        delay_ms(10);
        read_adc(adc_start_only);
        ValorCultura_1 = read_adc(adc_read_only);
        printf(lcd_escreve,"\nCultura 1 = %u", ValorCultura_1);
        delay_ms(1000); //Tempo entre as leituras do sensor.
    }

    while(ValorCultura_1>=190); // fim do laço... Quando estiver molhado para de irrigar.
    if (ValorCultura_1<190)
    {
        lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.
        lcd_pos_xy(2,1);      //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
        printf(lcd_escreve,"\f NIVEL BOM ");

        delay_ms(600);

        lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.
        lcd_pos_xy(2,1);      //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
        printf(lcd_escreve,"DESLIGANDO..."); //escreve no LCD.
        delay_ms(800);
        output_low(pin_B7);    //Desliga a válvula de irrigação.
        lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.
        lcd_pos_xy(2,1);      //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
        printf(lcd_escreve,"Projeto Final\r"); //Escreve no LCD.
        delay_ms(400);
    }
}

```

```

}

/*****Função p/ Cultura 2 selecionada*****/

void Leitura_Cultura_2()
{
    set_adc_channel(0);      //Leitura do sensor de umidade em RA0.
    delay_ms(10);
    read_adc(adc_start_only);
    ValorCultura_2 = read_adc(adc_read_only);
    printf(lcd_escreve,"\nCultura 2 = %u", ValorCultura_2);
    delay_ms(1000); //Tempo entre as leituras do sensor.

    if(ValorCultura_2<150) // Valor definido mediante testes
    {
        lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.
        lcd_pos_xy(2,1);      //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
        printf(lcd_escreve,"\f NIVEL BOM ");
    }
    else if(ValorCultura_2>=150)
    {
        do          // laço do...while, enquanto estiver seco vai ficar irrigando
        {
            output_high(pin_B7);      //Liga a válvula de irrigação.
            lcd_escreve("\f");      //Limpa o LCD.
            lcd_pos_xy(2,1);      //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
            printf(lcd_escreve,"\f IRRIGANDO ..."); // imprime no LCD enquanto irriga
            delay_ms(600);
            set_adc_channel(0); //Leitura do sensor de umidade em RA0.
            delay_ms(10);
            read_adc(adc_start_only);
            ValorCultura_2 = read_adc(adc_read_only);
            printf(lcd_escreve,"\nCultura 2 = %u", ValorCultura_2);
            delay_ms(1000); //Tempo entre as leituras do sensor.
        }

        while(ValorCultura_2>=150); // fim do laço... Quando estiver molhado para de irrigar.
        if (ValorCultura_2<150)
        {
            lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.
            lcd_pos_xy(2,1);      //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
            printf(lcd_escreve,"\f NIVEL BOM ");
            delay_ms(600);
        }
    }
}

```

```

        lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.
        lcd_pos_xy(2,1);      //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
        printf(lcd_escreve,"DESLIGANDO..."); //escreve no LCD.
        delay_ms(800);
        output_low(pin_B7);    //Desliga a válvula de irrigação.
        lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.
        lcd_pos_xy(2,1);      //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
        printf(lcd_escreve,"Projeto Final\r"); //Escreve no LCD.
        delay_ms(400);
    }

}

}

/*****Função p/ Cultura 3 selecionada*****/

void Leitura_Cultura_3()
{
    set_adc_channel(0);      //Leitura do sensor de umidade em RA0.
    delay_ms(10);
    read_adc(adc_start_only);
    ValorCultura_3 = read_adc(adc_read_only);
    printf(lcd_escreve,"\nCultura 3 = %u", ValorCultura_3);
    delay_ms(1000); //Tempo entre as leituras do sensor.

    if(ValorCultura_3<110) // Valor definido mediante testes
    {
        lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.
        lcd_pos_xy(2,1);      //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
        printf(lcd_escreve,"\f NIVEL BOM ");
    }
    else if(ValorCultura_3>=110)
    {
        do // laço do...while, enquanto estiver seco vai ficar irrigando
        {
            output_high(pin_B7);    //Liga a válvula de irrigação.
            lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.
            lcd_pos_xy(2,1);      //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
            printf(lcd_escreve,"\f IRRIGANDO ..."); // imprime no LCD enquanto irriga
            delay_ms(600);
            set_adc_channel(0); //Leitura do sensor de umidade em RA0.

```

```

        delay_ms(10);
        read_adc(adc_start_only);
        ValorCultura_3 = read_adc(adc_read_only);
        printf(lcd_escreve, "\nCultura 3 = %u", ValorCultura_3);
        delay_ms(1000); //Tempo entre as leituras do sensor.
    }

    while(ValorCultura_3>=110); // fim do laço... Quando estiver molhado para de irrigar.
    if (ValorCultura_3<110) // bloco pra desligar a válvula e informar no lcd
    {
        lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.
        lcd_pos_xy(2,1); //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
        printf(lcd_escreve, "\f NIVEL BOM ");
        delay_ms(600);
        lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.
        lcd_pos_xy(2,1); //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
        printf(lcd_escreve, "DESLIGANDO..."); //escreve no LCD.
        delay_ms(800);
        output_low(pin_B7); //Desliga a válvula de irrigação.
        lcd_escreve("\f"); //Limpa o LCD.
        lcd_pos_xy(2,1); //Posiciona o cursor na linha 1 coluna 2.
        printf(lcd_escreve, "Projeto Final\r"); //Escreve no LCD.
        delay_ms(400);
    }

}

}

/*****

```